

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

TARDELE GOMES MACHADO

Recuperação do Genitor Recorrente após dois retrocruzamentos em Tomateiro Anão do tipo  
Santa Cruz

Uberlândia

2023

TARDELE GOMES MACHADO

Recuperação do Genitor Recorrente após dois retrocruzamentos em Tomateiro Anão do Tipo Santa Cruz

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Área de Concentração: Fitotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Gabriel Mascarenhas Maciel

Uberlândia

2023

M149r Machado, Tardele Gomes, 1982-  
2023 Recuperação do genitor recorrente após dois retrocruzamentos em  
tomateiro anão do tipo santa Cruz [recurso eletrônico] / Tardele Gomes  
Machado. - 2023.

Orientador: Gabriel Mascarenhas Maciel.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2023.7097>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Agronomia. I. Maciel, Gabriel Mascarenhas, 1972-, (Orient.). II.  
Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em  
Agronomia. III. Título.

CDU: 631



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
 Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
 Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902 Telefone:  
 (34) 2512-6715/6716 - www.ppgagro.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 010/2023, PPGAGRO				
Data:	Trinta e um de julho de dois mil e vinte e três	Hora de início:	08:00	Hora de encerramento:	[11:20]
Matrícula do Discente:	12122AGR016				
Nome do Discente:	Tardele Gomes Machado				
Título do Trabalho:	Recuperação do Genitor Recorrente após dois retrocruzamentos em Tomateiro Anão do tipo Santa Cruz				
Área de concentração:	Produção Vegetal				
Linha de pesquisa:	Melhoramento de Plantas				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Doutores: Rafael Resende Finzi - UFU; Camila Soares de Oliveira - UFU; Professores Doutores: Luiz Aurélio Peres Martelleto - UFRRJ; Gabriel Mascarenhas Maciel UFU orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr. Gabriel Mascarenhas Maciel, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Resende Finzi, Técnico(a) de Laboratório**, em 31/07/2023, às 11:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Camila Soares de Oliveira, Técnico(a) de Laboratório**, em 31/07/2023, às 11:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Gabriel Mascarenhas Maciel, Professor(a) do Magistério Superior**, em 31/07/2023, às 11:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Aurélio Peres Martelleto, Usuário Externo**, em 02/08/2023, às 09:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site.

[https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4687927** e o código CRC **E52BF796**.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, sempre ELE.

Em segundo lugar agradeço aos meus pais João Aparecido Teixeira Machado e Albertina Gomes Machado que me apoiaram em todas as situações, no decorrer desta caminhada até aqui.

Ao meu orientador Professor Dr<sup>o</sup> Gabriel Mascarenhas Maciel, pela atenção e compreensão dedicada em todo o tempo do mestrado.

À Senhora Dona Alvarina Lopes, por me deixar guardar minha moto na garagem da casa dela, na cidade do Prata-MG, se não fosse por ela não teria sido possível a efetivação do meu mestrado.

Aos meus colegas de pós-graduação da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo-MG, Eng<sup>o</sup> Agrônomo Lucas Medeiros, pela atenção dispensada sempre que precisei, à Eng<sup>a</sup> Agrônoma Dr<sup>a</sup> Camila Soares de Oliveira pelo recebimento fraternal em Monte Carmelo-MG, solucionando minhas dúvidas sempre que a ela recorri, e ainda a todo o grupo de estudos em Melhoramento Genético de Hortaliças, GEN-HORT, grupo esse que tenho imenso orgulho de fazer parte.

Aos colegas de pós-graduação da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Uberlândia, Eng<sup>o</sup> Agrônomo Carlos Beregeno, pelas ‘caronas’ em seu carro, sempre que eu precisei, à Zootecnista Dr<sup>a</sup> Évelyn, estudante do curso de pós-graduação em agronomia, você é um exemplo para nós, de mãe, esposa e amiga, não sei como consegue dividir seu tempo com nossos afazeres aqui na pós-graduação, à colega Eng<sup>a</sup> Agrônoma Rafaella Mendes, Rafael Silva, Maurício Alves, muito obrigado.

Agradeço ainda, ao técnico de laboratório da UFU, Eng<sup>o</sup> Agrônomo Dr<sup>o</sup> Rafael Rezende Finzi, primeira pessoa da UFU que tive contato ao ingressar na pós-graduação, muito obrigado pelas palavras de encorajamento e boas-vindas.

Agradeço ainda às secretárias da pós-graduação do PPGAGRO Palloma e Mariana, pelo profissionalismo e atenção a mim dispensada.

Agradeço ainda, ao Professor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Luiz Aurélio Peres Martelleto, pelos conselhos a mim dirigidos, assim demonstrando, confiança no meu lado profissional, muito obrigado.

Agradeço ainda ao Eng<sup>o</sup> Agrônomo M.Sc. Luiz Augusto de Aguiar, da PESAGRO-RIO. Aguiar, o mestrado está prestes a sair! um abraço meu amigo.

Gostaria de registrar aqui, meus agradecimentos a todos os Técnicos Administrativos da Universidade Federal de Uberlândia, sem vocês não teríamos estrutura organizacional para continuar nossos estudos.

Muito obrigado a todos.

## RESUMO

MACHADO, TARDELE GOMES. **Recuperação do genitor recorrente após dois retrocruzamentos em tomateiro anão do tipo Santa Cruz**. 2023. 29f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia<sup>1</sup>.

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) possui grande relevância socioeconômica, sendo, mundialmente, uma das olerícolas mais cultivadas. Os Tomateiros produzem frutos com diversas formas, pesos e cores etc; desta forma, são classificados no Brasil nos seguintes grupos: “Santa Cruz, Minitomate, Salada, Caqui e Saladete”, dentre os quais, o primeiro tem maior destaque. Em programas, de melhoramento, o alvo tem sido obter híbridos mais produtivos. Elevar a produtividade em tomateiro acarreta assumir o desafio de buscar incrementos a partir da herança quantitativa, porém esse tipo de ação gênica para produtividade é difícil de introgridir, existindo a possibilidade através do uso de parental anão, que faz a introgressão de genes favoráveis nesse sentido. Os híbridos oriundos de um genitor anão possuem internódio curto, resultando em plantas mais compactas com maior número de pencas por metro linear de haste e conseqüentemente maior produtividade. Essa estratégia possui alto potencial, porém ainda não há populações de tomateiro anão do tipo Santa Cruz, assim sendo os melhoristas utilizam o método dos retrocruzamentos. O objetivo deste método de melhoramento é a introgressão de um caráter de escopo em genótipos elite altamente adaptados, denominado genitor recorrente. Não obstante, apesar da grande quantidade de estudos abordando o método dos retrocruzamentos no tomateiro, atualmente há poucas informações sobre a efetividade deste método em germoplasma de tomateiro anão. Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar o incremento após cada retrocruzamento em tomateiro anão do tipo Santa Cruz. O experimento foi realizado em casa de vegetação, no período de outubro de 2019 a março de 2020 na Estação Experimental de Hortaliças da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), campus Monte Carmelo-MG (18°42’43,19” S, 47°29’55,8” W e altitude de 873 m). O material genético avaliado constituiu-se de 6 populações de tomateiro anão provenientes do primeiro retrocruzamento (RC1), 13 populações de tomateiro anão provenientes do segundo retrocruzamento (RC2), genitor doador e testemunha comercial Santa Clara, totalizando 21 genótipos. O acesso silvestre *Solanum pennellii* presente nesta pesquisa foi utilizado somente para a comparação da variável relacionada à resistência a artrópodes-praga RC1 e RC2. Pela expressão do fenótipo anão ser de origem recessiva e monogênica, os retrocruzamentos foram realizados para transferência de alelo recessivo. A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno (200 células) em 03 de outubro de 2019. O transplântio ocorreu 36 dias após a semeadura para vasos plásticos com capacidade para 5 litros. Tanto nas bandejas quanto nos vasos foi utilizado substrato comercial a base de fibra de coco. As plantas foram tutoradas com fitilho. Na seqüência do experimento utilizou-se o delineamento de blocos casualizados com 22 tratamentos e 4 repetições. As parcelas experimentais foram constituídas por 6 plantas, distribuídas em fileiras duplas no espaçamento de 0,3 x 0,3 m. Entre as linhas duplas foi utilizado o espaçamento de 0,8 m, totalizando 504 plantas. As populações anãs de ambas as gerações de retrocruzamentos (RC1 e RC2) foram superiores ao genitor doador para os caracteres Peso Médio dos Frutos (PMF), Espessura de Polpa (EP) e Diâmetro de Fruto (DF).

**Palavras-chave:** Melhoramento Genético, Retrocruzamentos, *Solanum lycopersicum*.

---

<sup>1</sup> Orientador: Gabriel Mascarenhas Maciel – UFU.



## ABSTRACT

MACHADO, TARDELE GOMES. **Recovery of the recurrent parent after two backcrosses in Santa Cruz dwarf tomato.** 2023. Dissertation (Master's in Agronomy/Phytotechnics) – Federal University of Uberlândia, Uberlândia.

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) has great socioeconomic relevance, being one of the most cultivated worldwide. Possessing great diversity, the tomato in the Brazilian market is classified in the following groups: “Santa Cruz, Minitomato, Salad, Persimmon and Saladete”, among which the “Santa Cruz” group stands out. In breeding programs, the aim has been to obtain more productive hybrids. Increasing tomato productivity entails taking on the challenge of seeking increments from the quantitative inheritance, but this type of gene action for productivity is difficult to introgress., this possibility exists through the use of dwarf parental, which introgresses favorable genes in this sense Hybrids from a dwarf parent have a short internode, resulting in more compact plants. with a greater number of hands per linear meter of stem and consequently greater productivity. This strategy has high potential, but there are still no Santa-type dwarf tomato populations. Cruz, so the breeders use the method of backcrosses. The objective of this breeding method is the introgression of a scope character into elite genotypes. highly adapted, called recurrent parent. However, despite the large number of studies addressing the method of backcrosses in tomato, currently there is little information about the effectiveness of this method in germplasm of dwarf tomato. Therefore, the objective of this work was to evaluate the increment after each backcross in dwarf tomato Santa Cruz type. The experiment was carried out in a greenhouse, from October 2019 to March 2020 in the Experimental Station for Vegetables of the Federal University of Uberlândia (UFU), Monte campus Carmelo-MG (18°42'43.19" S, 47°29'55.8"W and altitude of 873 m). The genetic material evaluated consisted of 6 dwarf tomato populations from the first backcross (BC1), 13 dwarf tomato populations from the second backcross (BC2), donor parent and Santa Clara commercial control, totaling 21 genotypes. The wild access *Solanum pennellii* present in this research was used only to compare the variable related to resistance to pest arthropods BC1 and BC2. Due to the expression of the dwarf phenotype being of recessive and monogenic origin, backcrosses were performed for recessive allele transfer. Sowing was carried out in polystyrene trays (200 cells) on October 3, 2019. transplanting took place 36 days after sowing into plastic pots with a capacity of 5 liters. So much in the trays and in the vases, commercial substrate based on coconut fiber was used. The plants were tutored with ribbon. Following the experiment, a randomized block design was used with 22 treatments and 4 repetitions. The experimental plots consisted of 6 plants, distributed in double rows at 0.3 x 0.3 m spacing. A spacing of 0.8 m was used between the double lines, totaling 504 plants. The dwarf populations of both generations of backcrosses (BC1 and BC2) were superior to the parent donor for the characters Average weight of fruits (AWF), Pulp thickness (PT), and Fruit diameter (FD).

**Keywords:** Genetic Improvement, Backcrosses, *Solanum lycopersicum*.

---

<sup>1</sup> Major Professor: Gabriel Mascarenhas Maciel – UFU.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>14</b>
	<b>2.1 Obtenção das duas populações e condições experimentais .....</b>	<b>14</b>
	<b>2.2 Avaliação Pós-colheita .....</b>	<b>15</b>
	<b>2.3 Análise Estatística .....</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>18</b>
	<b>3.1 Desempenho Morfoagronômicos das diferentes gerações de retrocruzamento .....</b>	<b>18</b>
	<b>3.2 Superioridade relativa das gerações RC1 e RC2 .....</b>	<b>20</b>
	<b>3.3 Características de qualidade do fruto .....</b>	<b>22</b>
	<b>3.4 Dissimilaridade Genética entre os genótipos em estudo.....</b>	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>27</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>28</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) possui grande relevância socioeconômica, sendo um dos vegetais mais cultivados mundialmente. Estima-se que o Brasil, no ano de 2020, foi responsável por uma produção de 4,0 milhões de toneladas de tomates, representando 2,1% da produção mundial (IBGE, 2020). Devido a sua grande diversidade o tomate no mercado brasileiro é classificado nos seguintes grupos: “Minitomate, Salada, Caqui, Santa Cruz e Saladete” (Alvarenga, 2013). Dentro deste grupo, o tomate tipo Santa Cruz destaca-se com frutos que apresentam boa durabilidade pós-colheita, alto potencial produtivo e características organolépticas superiores quando comparados aos tomates longa vida convencionais cultivados no Brasil (Shirage *et al.*, 2010).

Apesar da grande popularidade da cultura, o tomateiro cultivado em campo é considerado de alto risco financeiro. Apresenta elevado custo de produção, associado à alta suscetibilidade a estresses bióticos e abióticos (Deleo *et al.*, 2016). Diante disso, a busca por maiores produtividades tem sido meta essencial em programas de melhoramento.

Aumentar produtividade em tomateiro implica assumir o desafio de buscar incrementos a partir da herança quantitativa. No entanto, tais incrementos tornam-se limitados se tratando do tipo de ação gênica para produtividade. Uma alternativa para potencializar a produtividade em tomateiro é o uso de parental anão (Finzi, 2017), em minitomate. Este procedimento pode ser realizado a partir de um genitor anão *versus* genitor de porte normal. Os híbridos provenientes de um genitor anão possuem internódio curto, resultando em plantas mais compactas com maior número de pencas por metro linear de haste e conseqüentemente maior produtividade (Finzi *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2022).

Apesar do potencial desta estratégia, não existem populações anãs de tomateiro do tipo Santa Cruz para uso imediato na obtenção de híbridos. Nesse contexto, os melhoristas de plantas utilizam-se regularmente dos retrocruzamentos. O objetivo deste método de melhoramento é a introgressão de um caráter alvo em genótipos elite altamente adaptados, denominado genitor recorrente (Farokhzadeh; Alifkheri, 2014).

Entretanto, apesar da grande quantidade de estudos abordando o método dos retrocruzamentos no tomateiro, atualmente há poucas informações sobre a efetividade deste método em germoplasma de tomateiro anão.

Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar o incremento após cada retrocruzamento em tomateiro anão do grupo Santa Cruz.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Obtenção das duas populações e condições experimentais

O experimento foi realizado no período de outubro de 2019 a Março de 2020 na Estação Experimental de Hortaliças da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), campus Monte Carmelo-MG (18°42'43,19" S, 47°29'55,8" W e altitude de 873 m). As plantas foram cultivadas em casa de vegetação do tipo arco (7 x 21 m), com pé direito de quatro metros, coberta com filme de polietileno transparente de 150 micra aditivado contra raios ultravioleta e cortinas laterais de tela branca anti-afídeo.

O material genético avaliado constituiu-se de seis populações de tomateiro anão provenientes do primeiro retrocruzamento (RC1), 13 populações de tomateiro anão provenientes do segundo retrocruzamento (RC2), genitor doador (GD) e testemunha comercial Santa Clara, totalizando 21 genótipos. As populações pertencentes ao RC1 e RC2 foram obtidas após a hibridação de uma linhagem pré-comercial homocigota com frutos pertencentes ao grupo Santa Cruz (UFU-TOM-Mãe-2), *versus* linhagem anã UFU MC TOM1 (Maciel; Silva; Fernandes, 2015a). O acesso silvestre *Solanum pennellii* presente nesta pesquisa foi utilizado somente para a comparação da variável relacionada à resistência a artrópodes-praga RC1 e RC2. A testemunha comercial caracteriza-se por possuir hábito de crescimento indeterminado e frutos vermelhos do tipo Santa Cruz. UFU MC TOM1 é uma linhagem homocigota para porte anão com hábito de crescimento indeterminado e frutos oblongos do tipo Minitomate (Finzi *et al.*, 2017; Maciel; Silva; Fernandes, 2015) utilizada como genitor doador. Pela expressão do fenótipo anão ser de origem recessiva e monogênica (Maciel; Silva; Fernandes, 2015), os retrocruzamentos foram realizados para transferência de alelo recessivo.

A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno (200 células) em 03 de outubro de 2019. O transplântio ocorreu 36 dias após a semeadura para vasos plásticos com capacidade para 5 litros. Tanto nas bandejas quanto nos vasos foi utilizado substrato comercial a base de fibra de coco. Durante toda a condução do experimento, os tratamentos culturais foram realizados conforme preconizado para a cultura do tomateiro cultivado em ambiente protegido (Alvarenga, 2013). O genitor recorrente e as testemunhas comerciais foram conduzidos verticalmente com duas hastes no sistema de tutoramento por fitilhos.

Na sequência do experimento utilizou-se o delineamento de blocos casualizados com 22 tratamentos e quatro repetições. As parcelas experimentais foram constituídas por seis plantas, distribuídas em fileiras duplas no espaçamento de 0,3 x 0,3 m. Entre as linhas duplas foi utilizado o espaçamento de 0,8 m, totalizando 504 plantas.

## 2.2 Avaliação Pós-colheita

As colheitas foram realizadas semanalmente, no período de 03 de janeiro a 06 de Março de 2020, totalizando 10 colheitas. Os frutos de cada parcela experimental foram colhidos em estágio de maturação completa, sendo avaliados os seguintes caracteres agronômicos:

**Peso médio do fruto (g) (PMF):** Razão entre a massa e o número de frutos colhidos da parcela.

**Teor de sólidos solúveis totais (°Brix) (TSS):** Após a colheita, estes foram analisados quanto ao teor de sólidos solúveis totais utilizando Refratômetro Digital Portátil (Atago PAL-13810).

**Diâmetro de fruto (cm) (DF):** Obtido com o auxílio de uma régua após cortar o fruto verticalmente ao meio, mensurando seu comprimento horizontal.

**Comprimento de Fruto (cm) (CF):** Obtido com o auxílio de régua após cortar o fruto verticalmente ao meio, mensurando seu comprimento vertical.

**Formato do fruto (FF):** Obtido pela relação entre o diâmetro transversal e longitudinal (DT/DL). O genitor recorrente, e testemunhas comerciais foram utilizados como referências do segmento Santa Cruz para permitir a classificação dos frutos.

**Espessura da polpa (cm) (EP):** Obtido com o auxílio de régua após cortar o fruto verticalmente ao meio, mensurando o comprimento entre a casca do fruto e o início do lóculo.

**Número de lóculos (lóculos/fruto) (NL):** Obtido após o corte do fruto horizontalmente ao meio, contabilizando o número de lóculos.

**Comprimento entre internódios (cm) (CI):** Obtido pela equação: [(Altura da planta/número de nós)], em duas plantas centrais da parcela.

**Teor de Acilaçúcar (nmols/cm<sup>2</sup>/folha) (AA):** Obtido 75 DAS, utilizando amostra composta por oito discos foliares (equivalente a 4,2 cm<sup>2</sup>) de cada planta da parcela. Os discos foram coletados de folíolos do terço superior das plantas e acondicionados em tubos de ensaio. A extração e quantificação seguiu metodologia adaptada por Maciel & Silva (2014).

Quanto aos caracteres nutricionais foi realizada a extração e quantificação dos teores de  $\beta$ -Caroteno (TC) e Licopeno (TL) de acordo com a metodologia adaptada de Nagata Yamashita (1992), Rodrigues-Amaya (2001), Rodrigues Amaya; Kimura (2004). A polpa do fruto foi triturada e posteriormente, 1 g da mesma foi acondicionada em frasco de vidro contendo 3 mL de acetona 100% (Danamida Ltda, Indaiatuba-SP, Brasil). As amostras foram mantidas na ausência de luz a uma temperatura de 8 °C pelo período de 48 horas. Em seguida, o sobrenadante foi avaliado por espectrofotometria (Tecnal Ltda, Piracicaba-SP, Brasil) e os valores de absorvância foram obtidos para TC e TL nos comprimentos de onda de 450 nm e 470 nm, respectivamente.

### 2.3 Análise Estatística

As pressuposições estatísticas foram verificadas pelas análises de normalidade (Teste de Kolmogorov-Smirnov), homogeneidade (Teste de Oneill e Mathews) e aditividade (Teste de não aditividade de Tukey). A análise de variância foi realizada por meio do teste F ( $\alpha=0,05$ ) e os valores médios foram comparados pelo teste de Scott-Knott ( $\alpha=0,05$ ). Para o estudo da similaridade genética utilizou-se técnica de inteligência computacional, adotando-se os mapas auto-organizáveis de Kohonen (SOM).

De forma bem resumida podemos trazer, para esclarecimento ao leitor, a definição de SOM, do inglês self organized maps, ou seja, traduzido para a língua portuguesa fica dessa maneira: Mapas Auto-organizáveis. A fim de podermos entender melhor seu uso, na presente pesquisa, dentro do melhoramento genético de plantas, sendo aplicado no estudo da dissimilaridade genética dos genótipos em estudo (Kitani, 2013).

Quanto a sua conceituação SOM (Mapas Auto organizável de Kohonen), trata-se de uma rede neural não supervisionada que mapeia uma dependência não linear entre o espaço de entrada e o de saída. O conhecimento é antagonista e não há um método de centralização ou redução. O algoritmo, fundamentalmente, funciona com um valor numérico determinado de iterações durante a fase de conhecimento e acomodação dos pesos. Nesse tipo de rede (SOM), as entradas estão interligadas com o número total dos respectivos neurônios da saída, eles são capazes de definir seus vizinhos, ou seja, os neurônios têm uma relação de vizinhança bem definida por sinais laterais com os neurônios próximos no decorrer da fase de aprendizado, que reduz durante o treinamento. Geralmente, esse mapa têm um arranjo de única dimensão, ou seja, é unidimensional podendo ser ainda de duas dimensões, assim sendo bidimensional. No entanto, há a possibilidade de se obter dimensões maiores, porém o processo de visualizar se torna mais difícil (Kitani, 2013).

O aprendizado dos mapas auto-organizáveis (SOM) é alcançado basicamente em três estágios. Inicialmente, pesos sinápticos são atribuídos aos diferentes neurônios e em seguida, ocorre um processo de competição. O conjunto de valores genéticos de cada genótipo é alocado ao neurônio que melhor o representa (neurônio vencedor). A partir da alocação inicia-se a fase de comparação, onde o neurônio vencedor determina a aproximação dos outros neurônios de acordo com a similaridade. Por fim, os neurônios estabelecem quais serão os neurônios vizinhos e passam para o estágio de adaptação, caracterizadas por um ajuste de pesos para cada variável.

Para o treinamento da rede foram utilizadas 5000 épocas/iterações. O modelo adotado foi avaliado a partir do uso de diferentes configurações para o número de neurônios. As

combinações foram testadas variando o número de linhas (2-5) e colunas (2-5). Assim, observou-se que a combinação que melhor representou a similaridade genética dos genótipos analisadas foi a de 4 linhas e 4 colunas (16 neurônios organizacionais) com padrão de raio igual a 1, topologia de vizinhança organizacional, arquitetura de rede *Feedforward* com uma camada de entrada (média), uma camada de saída, e função de ativação do tipo distância Euclidiana. Todas as análises foram realizadas no software GENES, integrado software R e Matlab (Cruz, 2016).

### 3.0 RESULTADOS

#### 3.1 Desempenho Morfoagronômicos das diferentes gerações de retrocruzamento

De acordo com a tabela 1, são notórios os incrementos apresentados após dois retrocruzamentos em relação ao genitor doador para todos os caracteres morfoagronômicos avaliados.

**Tabela1** - Características morfoagronômicas avaliadas em populações RC2 e RC1 de tomateiro anão, genitor doador e cultivar comercial.

Genótipos	Geração	PMF*	EP	CF	DF	FF	NL	CI	AA
GD	-	3.61c	0.20d	2.95b	1.61c	1.83d	2.00a	1.26a	36.28b
Santa Clara	-	26.59a	0.55a	3.84b	3.62a	1.05a	2.05a	7.27b	25.25b
Sci#6.1,1-2	RC2	20.32a	0.47b	3.77b	3.26b	1.15a	2.75 c	1.99 a	36.63 b
Sci#6.1,2-2	RC2	25.73a	0.49b	3.90b	3.51b	1.10a	2.91 c	1.70 a	37.83 b
Sci#6.1,3-2	RC2	20.36b	0.48b	3.98b	3.09b	1.29b	2.44 b	2.33 a	47.81 a
Sci#16,2-2	RC2	17.41b	0.40c	3.71b	2.87b	1.29b	2.97 c	1.84 a	41.80 a
Sci#16,1-2	RC2	24.11b	0.50a	4.16a	3.37a	1.23 a	2.86 c	1.95 a	36.55 b
Sci#25.1,1-2	RC2	30.81a	0.54a	4.67a	3.45a	1.35 b	3.00 c	1.70 a	35.30 b
Sci#25.1,2-2	RC2	28.82a	0.52a	4.64a	3.48a	1.33 b	2.66 c	1.54 a	37.35 b
Sci#3.1,1-2	RC2	26.12a	0.51a	4.62a	3.35a	1.39 b	2.67 c	2.03 a	32.19 b
Sci#3.1,2-2	RC2	31.59a	0.54a	4.81a	3.81a	1.28 b	2.80 c	1.60 a	41.10 a
Sci#8.2-2	RC2	25.01 a	0.47 b	4.63 a	2.92 b	1.58 c	2.60 c	1.97 a	43.16 a
Sci#20.4-2	RC2	32.72 a	0.54 a	4.76 a	3.31 b	1.44 b	2.77 c	1.65 a	47.45 a
Sci#8.3,1-2	RC2	29.61 a	0.50 a	4.08 a	3.71 a	1.10 a	3.00 c	1.76 a	40.40 a
Sci#8.3,2-2	RC2	32.56 a	0.56 a	4.69 a	3.76 a	1.24 a	2.73 c	1.94 a	41.86 a
Sci#6.1.2,5	RC1	19.77 b	0.52 a	3.36 b	3.28 b	1.02 a	2.41 b	1.71 a	39.53 b
Sci#16.2.1,3	RC1	17.93 b	0.47 b	3.60 b	3.05 b	1.18 a	2.22 a	1.57 a	39.26 b
Sci#3.1.1	RC1	14.93 b	0.38 c	3.27 b	3.05 b	1.08 a	2.92 c	1.83 a	42.81 a
Sci#8.2.1	RC1	25.13 a	0.52 a	3.46 b	3.62 a	0.95 a	2.75 c	1.74 a	39.91 b
Sci#20.4.1	RC1	18.64 b	0.47 b	3.50 b	3.12 b	1.12 a	2.33 b	1.82 a	31.91 b
Sci#8.3,1.2	RC1	17.98 b	0.45 b	3.53 b	3.02 b	1.18 a	2.49 b	2.02 a	44.21 a
SP	-	-	-	-	-	-	-	-	50.57 a
KS <sup>2</sup>	-	<b>0,043</b>	<b>0,646</b>	<b>0,011</b>	<b>0,04</b>	<b>0,01</b>	<b>0,329</b>	<b>0,037</b>	<b>0,839</b>
OM <sup>3</sup>	-	<b>0,014</b>	<b>0,658</b>	<b>0,056</b>	<b>0,014</b>	<b>0,184</b>	<b>0,021</b>	<b>0,782</b>	<b>0,414</b>
F (Tukey) <sup>4</sup>	-	<b>0,938</b>	<b>0,443</b>	<b>0,827</b>	<b>0,528</b>	<b>0,878</b>	<b>0,986</b>	<b>0,982</b>	<b>0,123</b>

\*PMF: Peso médio do fruto (g); EP: Espessura da polpa (cm); CF: Comprimento do fruto (cm); DF: Diâmetro do fruto (cm); FF: Formato do fruto; NL: Número de lóculos (lóculos. fruto<sup>-1</sup>); CI: Comprimento de internódios (cm); AA: Teor de Acilalúcures (nmols.cm<sup>-2</sup>.folha<sup>-1</sup>). Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,01 de significância. KS, OM, F (TUKEY): Kolmogorov-Smirnov, Oneill and Mathews e Tukey, respectivamente; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade a 0,01 de significância. Santa Clara: Testemunha/Cultivar comercial.

Fonte: O Autor.



As populações anãs de ambas as gerações de retrocruzamentos (RC1 e RC2) foram superiores ao genitor doador para os caracteres PMF, EP e DF. Com relação ao PMF, destacaram-se as populações Sci#6.1,2-2, Sci#25.1,1-2, Sci#25.1,2-2, Sci#3.1,1-2, Sci#3.1,2-2, Sci#8.2-2, Sci#20.4-2, Sci#8.3,1-2 e Sci#8.3,2-2, pertencentes a geração RC2 e a população Sci#8.2-1 pertencente a geração RC1, com pesos médios superiores a 25 gramas. Para Espessura de polpa (EP), a característica que assume importância primordial sobre a qualidade do fruto, destacaram-se as populações Sci#16.1-2, Sci#25.1,1-2, Sci#25.1,2-2, Sci#3.1,1-2, Sci#3.1,2-2, Sci#20.4-2, Sci#8.3,1-2 e Sci#8.3,2-2 pertencentes a geração RC2 e a população Sci#8.2-1, Sci#6.1.2-5 e Sci#8.2.1 da geração RC1, com a espessura média de polpa entre 0,50 cm (Sci#16.1-2) e 0,56 cm (Sci#8.3,2-2).

Em relação ao Diâmetro do fruto (DF) destacaram-se Sci#6.1,2-2; Sci#16.1-2; Sci#25.1,1-2; Sci#25.1,2-2; Sci#3.1,1-2; Sci#3.1,2-2; Sci#8.3,1-2 e Sci#8.3,2-2 da geração RC2 e a população Sci#8.2.1 da geração RC1. Quanto ao CF, característica que juntamente com DF representa o tamanho dos frutos, apenas populações da geração BC2 obtiveram incrementos significativos, destacando-se os genótipos Sci#16.1-2; Sci#25.1,1-2; Sci#25.1,2-2; Sci#3.1,1-2; Sci#3.1,2-2; Sci#8.2-2; Sci#20.4-2; Sci#8.3,1-2 e Sci#8.3,2-2. Os frutos pertencentes ao segmento Santa Cruz, caracterizam-se por uma relação CF/DF próximo de 1 (Fiorini *et al.*, 2007). Assim, todas as populações da geração RC1 foram classificadas com frutos pertencentes ao segmento Santa Cruz, sendo as demais populações, desta geração, classificadas como intermediárias, com frutos ligeiramente oblongos. Quanto ao número de lóculos NL todas as populações em estudo apresentaram reduzido número de lóculos ( $NL \leq 3$ ), caracterizando frutos mais firmes (Siddiqui *et al.*, 2015).

O melhoramento visando à obtenção de variedades de tomateiro com reduzido comprimento entrenó, e conseqüentemente, melhor arquitetura da planta é uma tendência no mercado futuro (Sun *et al.*, 2019). Diante disso, na presente pesquisa utilizamos a cultivar Santa Clara, que possui frutos pertencentes ao segmento Santa Cruz, como parâmetros para inferências sobre a arquitetura das plantas atualmente cultivadas no campo. Neste sentido, a cultivar Santa Clara obteve CI de 7.27 cm, enquanto as populações anãs de ambas as populações de retrocruzamentos apresentaram CI(s) entre 1.54 cm (Sci#26.1,2-2) e 2.33 cm (Sci#6.1,3-2).

Além de caracteres relacionados diretamente aos frutos e arquitetura das plantas de tomate, os programas de melhoramento têm adotado a estratégia de introgressão de alelos de resistência a insetos. Com esse objetivo, diversas espécies de tomateiro silvestre, como *Solanum pennellii*, são utilizados como fonte de resistência a patógenos. A principal característica de

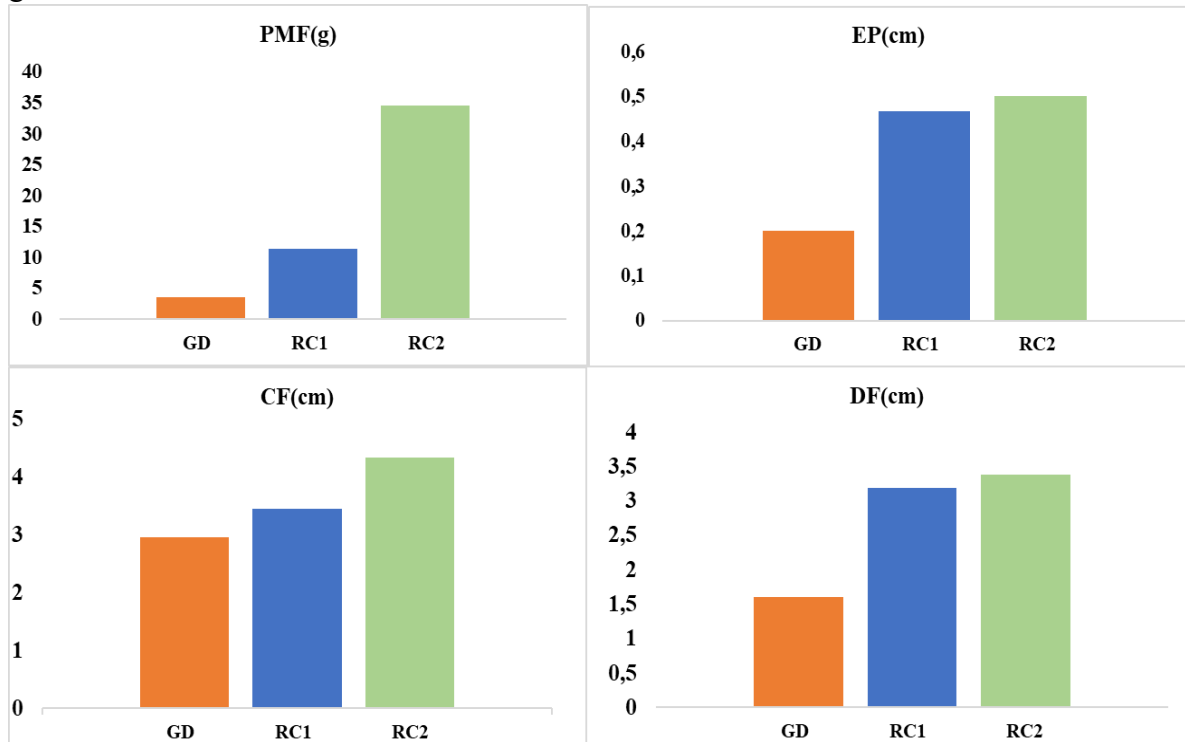
resistência destas espécies tem sido associada a presença do aleloquímico acilaçúcares (AA) (Silva *et al.*, 2009; Lucini *et al.*, 2015).

Na presente pesquisa, o genótipo silvestre *S. pennellii* apresentou os maiores teores de AA (50.57 nmols.cm<sup>-1</sup>). Ademais, destacaram-se as populações Sci#6.1,3-2, Sci#16.2-2, Sci#3.1-2-2, Sci#8,2-2, Sci#8,3.1-2, Sci#8,3.2-2 da geração RC2 e as populações Sci#3,1-1 e Sci#8.3,1.2 da geração RC1 que não diferiram do genótipo silvestre quanto aos teores de Acilaçúcar (AA).

### **3.2 Superioridade relativa das gerações RC1 e RC2**

De maneira geral, ambas as gerações de retrocruzamento (RC1 e RC2) apresentaram incrementos expressivos em relação ao Genitor Doador (GD), para os caracteres PMF, EP, CF e DF, como pode ser observado na tabela 1 e na figura 1. Com relação a geração RC1, destacaram-se os incrementos para PMF, EP, e DF que diferiram do GD, com superioridade relativa de 428,07%, 134,17%, e 98,13% respectivamente (Figura 1). Para os mesmos caracteres a geração RC2, apresentou superioridade relativa de 635,49%, 150,76% e 109,70%, respectivamente. Ademais a geração RC2, obteve superioridade relativa de 47,11%, para CF em relação ao GD (Figura 1).

**Figura 1** - Superioridade relativa das gerações RC1 e RC2 quanto aos caracteres peso médio de fruto (PMF/MFW), espessura de polpa (EP/PT), comprimento de fruto (CF/FL), diâmetro de fruto (DF/FD). Valores representam médias  $\pm$  desvio padrão das gerações RC1 e RC2 e genitor doador.



Fonte: O autor.

### 3.3 Características de qualidade do fruto

Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) pelo teste F para as populações RC2 e RC1 para todos os traços de qualidade do fruto avaliados (Tabela 2).

**Tabela 2** - Características de qualidade de fruto avaliadas em populações RC1 e RC2 de tomateiro anão, genitor doador e cultivar comercial.

Genótipos <sup>1</sup>	Geração	TSS	TC	TL
Genitor Doador	-	6.93 a	1.74 a	2.94 c
Sta. Clara	-	5.37 b	0.87 b	5.07 a
Sci#6.1,1-2	RC2	4.90 c	1.34 a	2.89 c
Sci#6.1,2-2	RC2	4.80 c	0.88 b	3.08 c
Sci#6.1,3-2	RC2	4.74 c	1.37 a	2.72 c
Sci#16.2-2	RC2	5.74 b	0.48 b	4.04 b
Sci#16.1-2	RC2	4.37 c	1.40 a	2.72 c
Sci#25.1,1-2	RC2	4.77 c	1.10 b	2.42 d
Sci#25.1,2-2	RC2	5.51 b	1.27 a	2.55 c
Sci#3.1,1-2	RC2	5.03 c	0.87 b	2.40 d
Sci#3.1,2-2	RC2	5.02 c	0.91 b	2.00 d
Sci#8.2-2	RC2	5.72 b	1.31 a	2.42 d
Sci#20.4-2	RC2	4.99 c	0.96 b	3.73 b
Sci#8.3,1-2	RC2	4.58 c	1.20 a	2.67 c
Sci#8.3,2-2	RC2	4.42 c	1.38 a	3.36 b
Sci#6.1,2,5	RC1	4.68 c	1.31 a	2.57 c
Sci#16.2.1,3	RC1	4.15 c	1.11 b	1.81 d
Sci#3.1.1	RC1	5.46 b	1.41 a	2.15 d
Sci#8.2.1	RC1	4.88 c	1.11 b	2.15 d
Sci#20.4.1	RC1	5.03 c	1.06 b	2.75 c
Sci#8.3,1.2	RC1	5.03 c	1.24 a	2.05 d
KS <sup>2</sup>	-	<b>0,079</b>	<b>0,025</b>	<b>0,046</b>
OM <sup>3</sup>	-	<b>0,101</b>	<b>0,353</b>	<b>0,480</b>
F (Tukey) <sup>4</sup>	-	<b>0,487</b>	<b>0,460</b>	<b>0,323</b>

TSS: Teor de sólidos solúveis (°BRIX). TC: Teor de carotenoides (mg/100mg); Teor de licopeno (mg/100mg). <sup>1</sup>Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 0.05 KS<sup>2</sup>, OM<sup>3</sup>, F (Tukey)<sup>4</sup>: Estatísticas dos testes de Kolmogorov-Smirnov, Oneill and Mathews e Tukey respectivamente; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade a 0,01 de significância. Santa Clara: Testemunha/Cultivar comercial.

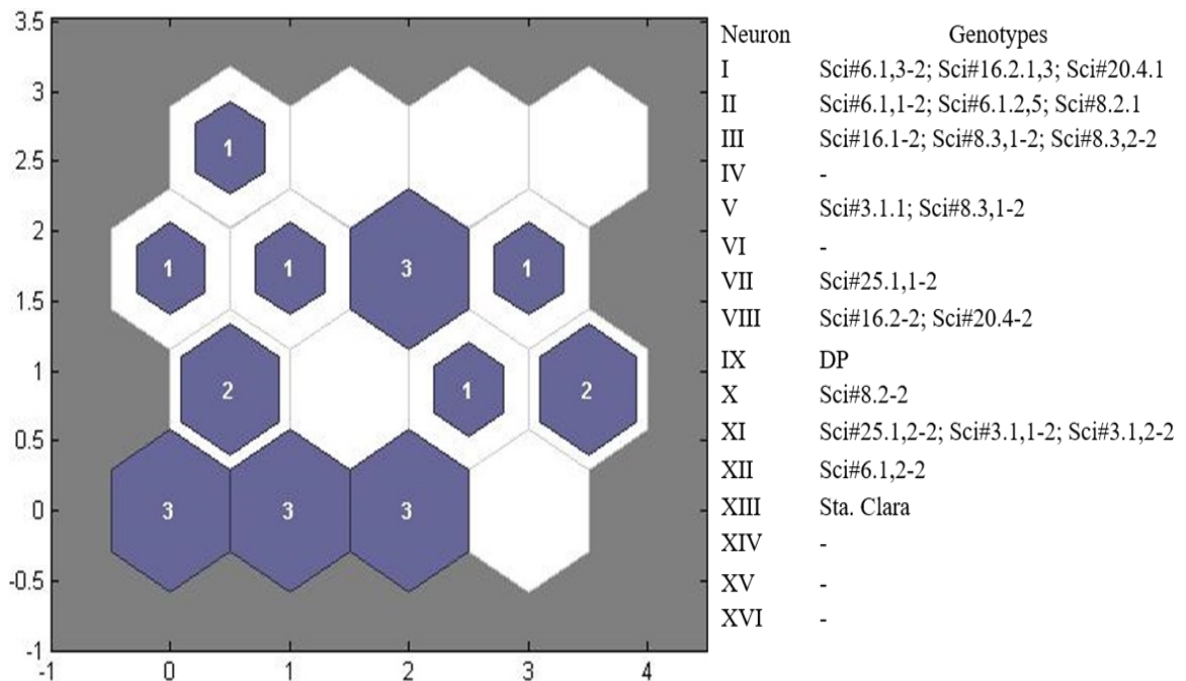
Fonte: O Autor.

Todas as populações de ambas as gerações de retrocruzamento e cultivar Santa Clara diferiram do GD para o Teor de Sólidos Solúveis (TSS). Com TSS inferiores ao observado no GD (6,93 °Brix). Dentre as populações anãs destacaram-se, Sci#16.2-2 (5.74 °Brix), Sci#25.1,2-2 (5.51 °Brix) e Sci#8.2-2 (5.72 °Brix) da geração RC2 e Sci#3.1.1 (5.46 ° Brix) pertencente a geração RC1.

Quanto aos teores de  $\beta$ -Caroteno, importante nutriente que atua na prevenção de doenças (Balde *et al.*, 2014), os maiores teores foram observados para o GD e populações Sci#6.1,1-2, Sci#6.1,3-2, Sci#25.1,2-2, Sci#8.2-2 e Sci#8.3,1-2, pertencentes a geração RC2 e as populações Sci#6.1,2-5, Sci#3.1.1 e Sci#8.3,1-2 da geração RC1. Com relação aos teores de licopeno, os maiores teores foram observados nos frutos da cultivar Santa Clara (5.07mg/100mg). Dentre as populações anãs destacaram-se Sci#16.2-2, Sci#20.4-2, Sci#8.3,2-2, Sci#6.1,2-2, Sci#6.1,1-2, Sci#6.1,3-2 e da geração RC2 e as populações Sci#20.4.1, Sci#6.1,2,5, Sci#3.1.1, Sci#8.2.1 da geração RC1.

### 3.4 Dissimilaridade Genética entre os genótipos em estudo

Utilizando o mapa auto-organizável de Kohonen (SOM), os genótipos em estudos foram agrupados em 11 neurônios distintos (Figura 2).



**Figura 2** - Mapa topológico da rede auto-organizável de Kohonen e classificação dos genótipos nos respectivos neurônios da rede.

Fonte: O Autor.

O neurônio I (linha 1 coluna 1) reuniu as populações Sci#6.1,3-2, Sci#16.2,1-3 e Sci#20.4.1; o neurônio II (linha 1 coluna 2) as populações Sci#6.1,1-2, Sci#6.1,2-5 e Sci#8.2.1; o neurônio III (linha 1 coluna 3) agrupou as populações Sci#16.1-2; Sci#8.3,1-2 e Sci#8,3,2-2; o neurônio V (linha 2 coluna 1) constitui-se das populações Sci#3.1.1 e Sci#8.3,1-2; o neurônio VII (linha 2 coluna 3) foi formado apenas pela população Sci#25.1,1-2; o neurônio VIII (linha 2 coluna 4) reuniu as populações Sci#16.2-2 e Sci#20.4-2; os neurônios IX (linha 3 coluna 1) e X (linha 3 coluna 2) foram formados apenas pelo genitor doador e população Sci#8,2-2, respectivamente; o

neurônio XI (linha 3 coluna 3) reuniu as populações Sci#25.1,2-2; Sci#3.1,1-2 e Sci#3.1,2-2 e os neurônios XIII (linha 3 coluna 4) e XIII (linha 4 coluna 1) foram formados pela população Sci#6.1,2-2 e cultivar Santa Clara respectivamente. Ademais nenhum genótipo foi alocado nos neurônios IV, VI, XIV, XV e XVI.

#### 4 DISCUSSÃO

Os expressivos incrementos observados nas gerações de retrocruzamentos quanto aos caracteres de fruto presentes nesse estudo, evidenciam a eficácia do método dos retrocruzamentos para obtenção de genótipos de tomateiro anão com frutos pertencentes ao segmento Santa Cruz (Figura 1).



**Figura 3** - Comparação fenotípica entre genitor doador e populações RC1 e RC2.

1: Genitor Doador; 2: Sci#6.1,1-2; 3: Sci#6.1,2-2; 4: Sci#6.1,3-2; 5: Sci#16.2-2; 6: Sci#16.1-2; 7: Sci#25.1,1-2; 8: Sci#25.1,2-2; 9: Sci#3.1,1-2; 10: Sci#3.1,2-2; 11: Sci#8.2-2; 12: Sci#20.4-2; 13: Sci#8.3,1-2; 14: Sci#8.3,2-2; 15: Sci#6.1.2,5; 16: Sci#16.2.1,3; 17: Sci#3.1.1; 18: Sci#8.2.1; 19: Sci#20.4.1; 20: Sci#8.3,1.2.

Fonte: O Autor.

A presença de internódios reduzidos resultando em plantas de tomateiro compactas é uma tendência para os novos híbridos (Zsögönet *et al.*, 2017; Finzi *et al.*, 2017a), a partir da utilização de um genitor de porte anão na combinação para obtenção de híbridos de Minitomate, obtiveram híbridos com internódios reduzidos e conseqüentemente maior número de pencas por metro linear de haste, resultando em maior produtividade.

Os maiores incrementos observados na geração RC2 indicam a efetividade dos ciclos de retrocruzamentos no desenvolvimento de genótipos de tomateiro anão com frutos tipo Santa Cruz. Que devido, ao incremento, de alelos favoráveis ou blocos gênicos complementares no desenvolvimento das populações segregantes, possibilita a seleção de genótipos superiores, a partir dos incrementos nos caracteres de interesse (Borém, 2017).

Nesta etapa do programa de melhoramento, espera-se que as populações derivadas da segunda geração do retrocruzamento (RC2) apresentem em média 87,5% do genoma do genitor recorrente. Borém, 2017; Melo *et al.*, 2015; Garcia-Forteza *et al.*, 2019, relataram resultados satisfatórios a partir de ciclos de retrocruzamento na cultura do Maracujazeiro corroborando com a presente pesquisa.

Quanto aos teores de Acilçucares (AA), aleloquímico que causa efeitos deletérios no ciclo de vida de artrópodes-praga, contribuindo assim para a redução da preferência para oviposição e alimentação da praga (Silva *et al.*, 2009; Lucini *et al.*, 2015; Dias *et al.*, 2021). Dias *et al.*, (2013), destacaram que genótipos RC2 selecionados para altos teores de AA provenientes de cruzamentos interespecíficos entre *S. pennellii* versus cultivar comercial foram eficientes em reduzir os danos causados pela traça-do-tomateiro *Tuta absoluta*, sendo, portanto, promissores para a continuação dos ciclos de retrocruzamento. Desta maneira, as populações anãs da presente pesquisa com elevados teores de AA, podem ser consideradas importantes fontes de resistência a artrópodes-praga.

Os programas de melhoramento de tomateiro buscam atualmente desenvolver cultivares que além de produtivas sejam saborosas e ricas em nutrientes, vitaminas e substâncias antioxidantes (Martí *et al.*, 2016). Neste sentido, o TSS do fruto de tomate é um traço de grande importância que está diretamente ligado à qualidade gustativa dos frutos (Ikeda *et al.*, 2013; Schwarz *et al.*, 2013). Na presente pesquisa, os maiores TSS foram observados para os frutos do GD. O menor TSS das populações pertencentes às gerações RC1 e RC2, quando comparados ao GD, deve-se principalmente aos incrementos no tamanho dos frutos dessas gerações, pois, com o aumento do tamanho dos frutos, as quantidades de açúcares e ácidos solúveis são diluídas e conseqüentemente diminuem sua concentração nos frutos (Bhattarai *et al.*, 2018). Segundo Schwarz *et al.* (2013), teores de sólidos solúveis de 3.0 °Brix já são considerados ideais para tomates destinados ao consumo *in natura*. Assim, todas as populações anãs de ambas as gerações da presente pesquisa possuem genótipos promissores para o desenvolvimento de linhagens destinadas ao segmento Santa Cruz com altos TSS e reduzido comprimento de internódio.

No estudo da dissimilaridade genética entre os genótipos utilizaram-se os mapas auto-organizáveis (SOM) de Kohonen metodologia que utiliza a inteligência computacional e têm se mostrado uma forma eficiente de identificar padrões de similaridade entre genótipos, distinguindo e classificando os genótipos de acordo com a distância entre os neurônios da rede, onde quanto mais próximos, maior a similaridade entre os genótipos contidos nos respectivos neurônios (Ibrahim *et al.*, 2016; Cardoso *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2021; Gomes *et al.*, 2021).

No presente estudo, todas as populações da geração RC1 foram alocadas em neurônios vizinhos (neurônios I, II e V), indicando a similaridade entre estas populações. Ademais, as populações Sci#6.1,3-2 e Sci#6.1,1-2 pertencentes a geração RC2 foram alocadas nos neurônios I e II respectivamente, indicando que essas populações foram semelhantes as populações da geração RC1. Com exceção da população Sci#3.1.1 alocada no neurônio V, todas as demais populações dos respectivos neurônios caracterizaram-se pelos menores incrementos no PMF. Ademais, todas as populações contidas nos neurônios I, II e V, apresentaram reduzido CF (Tabela 1).

As populações pertencentes a geração RC2, distribuíram-se entre os neurônios I, II, III, VII, VIII, X, XI e XI resultando em uma similaridade intermediária entre a maioria das populações da respectiva geração (Figura 2). Deve-se destacar que empregando o método de SOM, todas as populações das gerações RC2 e RC1, foram alocadas em neurônios distintos do GD, o que reafirma o sucesso dos ciclos de retrocruzamento, no resgate de parte da constituição genética do genitor recorrente.

Sant'Anna et al. (2021) utilizando técnicas multivariadas, aprendizado de máquina e SOM no estudo da diversidade genética em genótipo elite de seringueira relataram consistência entre os resultados das metodologias adotadas. De forma geral, os autores observaram que os métodos baseados em inteligência computacional se mostraram mais eficientes na detecção de similaridade entre os genótipos.

Visando maiores incrementos para os caracteres de fruto, foram selecionados genótipos pertencentes a geração RC2 que se destacaram, para a realização do terceiro ciclo de retrocruzamentos e posterior obtenção de linhagens de tomateiro anão com frutos tipo Santa Cruz.

Nossos resultados sugerem que os genótipos RC2 selecionados serão de grande interesse para o melhoramento genético do tomateiro, com alto potencial para o aumento de produtividade de tomateiros pertencentes ao segmento Santa Cruz.

Ademais, os genótipos selecionados podem contribuir para o aumento da tolerância a pragas e doenças, proporcionado pelos elevados níveis do aleloquímico acilaçúcares.



## **5 CONCLUSÕES**

Houve incrementos significativo e progressivo para todas as variáveis respostas agronômicas após o primeiro e segundo retrocruzamento.

Destacaram-se as populações Sci#16.1-2, Sci#25.1,1-2, Sci#25.1,2-2, Sci#3.1,1-2, Sci#3.1,2-2, Sci#8.3,1-2 e Sci#8.3,2-2 (RC2), com incrementos expressivos para Peso médio dos frutos (PMF), espessura de polpa (EP), comprimento de fruto (CF) e diâmetro de fruto (DF), aliado ao elevado teor de açúcares.

## **6 AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Universidade Federal de Uberlândia (UFU), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por financiar esta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: Editora UFLA, 2013. 455 p.
- BALDET, P. ; FERRAND, C. ; ROTHAN, C. Vitamins in Fleshy Fruit, in **Fruit Ripening: Physiology, Signalling and Genomics**, eds Nath, P., Bouzayen, M., Mattoo, A. K., Pech, J. C. Wallingford: CABI (2014), p. 127–150. <https://dx.doi.org/10.1079/9781845939625.0127> Acesso em 28 de mar. de 2023.
- BARBOSA, C. D. ; VIANA, A. P. ; QUINTAL, S. S. R. ; PEREIRA, M. G. ; (2011). **Análise artificial da rede neural da diversidade genética na Carica papaya L.** Crop Breeding and Applied Biotechnnology. <https://doi.org/10.1590/S1984-70332011000300004>. Acesso em 20 de nov. de 2021.
- BHATTARAI, K. ; SADIKSHYA, S. ; PANTHEE, D. R. Diversity among modern tomato genoty pesat different levels in fresh-market breeding. **International Journal of Agronomy**, v. 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/4170432> Acesso em 09 de fev. de 2023.
- BORÉM, A. ; MIRANDA, G. V. ; FRITSCHÉ-NETO, R. **Melhoramento de Plantas**. 6.ed. Viçosa. Editora UFV, 2017.
- BONIFÁCIO OLIVEIRA CARDOSO, D. ; AMARAL MEDEIROS, L. ; OLIVEIRA CARVALHO, G. de ; MOTTA PIMENTEL, I. ; XAVIER ROJAS, G. ; ARAUJO SOUSA, L. ; MEDEIROS SOUZA, G. and BARBOSA DE SOUSA, L. ; 2021. Use of computational intelligence in the genetic divergence of colored cotton plants. **Bioscience Journal** [online], vol. 37, pp. e37007. DOI 10.14393/BJ-v37n0a2021-53634. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/53634>. Acesso em 12 de set. de 2022.
- CHAKRABORT, I. *et al.* Studies on processing and nutritional qualities of tomato as influenced by genotypes and environment. **Vegetable Science**, [S. l.], v. 34 n. 1, p. 26-31, 2007. Disponível em: <https://worldveg.tind.io/record/37370/> Acesso em 24 de out de 2022.
- CRUZ, C. D. (2012). **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa, MG. Editora UFV.
- DARIVA, F. D. ; COPATI, M. G. F. ; PESSOA, H. P. ; ALVES, F. M. ; DE OLIVEIRA DIAS, F. ; DE TOLEDO PICOLI, E. A. ; & NICK, C. (2020). Evaluation of anatomical and physiological traits of *Solanum pennellii* Cor. Associated with plant yield in tomato plants under water-limited conditions. **Scientific reports**, 10(1), 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73004-4> Acesso em 07 de nov. de 2022.
- DELEO, J. P. B. ; BRITO JUNIOR, J. S. ; PARANHOS, G. G. Especial tomate: gestão sustentável. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, v. 15, n. 157, p. 10-23, jun. 2016.
- DIAS, D. M. ; RESENDE, J. T. V. ; FARIA, M. V. ; CAMARGO, L. K. P. ; LIMA, I. P.; Selection of processing tomato genotypes with high acyl sugar contente that are resistant to the tomato pin worm. **Genetics and Molecular Research**. v.12. p. 381-389. 2013. Disponível em:

<https://www.geneticsmr.org/articles/selection-of-processing-tomato-genotypes-with-high-acyl-sugar-content-that-are-resistant-to-the-tomato-pinworm.pdf>

Acesso em 24 de out. 2021.

DIAS, D. M. ; CORTE, L. E. D. ; RESENDE, J. T. V. ; ZEFFA, D. M. ; RESENDE, N. C. V. ; ZANIN, D. S. ; & LIMA FILHO, R. B. D. Acylsugars in tomato varieties confer resistance to the whitefly and reduce the spread of fumagine. **Bragantia**, v. 80. e 4421, 2021.

<https://doi.org/10.1590/1678-4499.20210022> Acesso em 09 de jan. de 2022.

FANASCA, S. ; COLLA, G. ; ROUPHAEEL, Y. ; SACACCARDO, F. ; MAIANI, G. ; VENNERRIA, E. ; & Azzini, E. (2006). Evolution of nutritional value of two tomato genotypes grown in soil less culture as affected by macro cation proportions. **Hort Science**, 41(7), 1584-1588.

<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.41.7.1584>

Acesso em 08 de jun. de 2022.

**FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) OF THE UNITED NATIONS:** Rome, Italy, 2020. Disponível em:

<http://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 05 Nov. 2021.

FINZI, R. R. *et al.* Agronomic potential of BC1F2 dwarf round tomato populations. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.44, p. 1 - 8, abr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-7054202044028819>.

Acesso em 28 de ago. de 2021.

FINZI, R. R. *et al.* Agronomic performance of mini-tomato hybrids from dwarf lines. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 41, n. 1, p. 15-21, jan. 2017. <https://doi.org/10.1590/1413-70542017411021416>

Acesso em 28 de ago. de 2021.

FIORINI, C.V.A.; MARIM, B.G.; RODRIGUES, G.; ZAPAROLI, M.R.; CASTRO, J.P.A.; SILVA, D.J.H.; 2007. Cultivares. In.: SILVA DJH; VALE FXR (Eds). **Tomate: Tecnologia de produção**. Viçosa, MG:UFV. p. 65-84.

GARCÍA-FORTEA, E. *et al.* First successful backcrossing towards eggplant (*Solanum melongena*) of a New World species, the silverleaf nightshade (*S. elaeagnifolium*), and characterization of interspecific hybrids and backcrosses. **Scientia Horticulturae**, [S. l.], v. 246, n. 4, p.563-573, 2019.

Acesso em 18 de ago. de 2022.

GERSZBERG, A. ; HNATUSZKO-KONKA, K. Tomato tolerance to abiotic stress: a review of most often engineered target sequences. **Plant growth regulation**, v. 83, n. 2, p. 175-198, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10725-017-0251-x>. Acesso em: 15 set. 2022.

IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola. In: **IBGE**. Rio de Janeiro: [S. l.], 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso em: 15 set. 2021.

IBRAHIM, O. M. ; TAWFIK ELHAM, M. M. ; BADR, A. ; WALI, A. M. ; (2016). Avaliação do desempenho de 16 variedades de trigo egípcio usando mapa auto-organizável (SOM) e análise de agrupamento. **Revista de Ciências Aplicadas**, 16: 47-53.

Disponível em: <https://doi.org/10.3923/jas.2016.47.53>

Acesso em 07 de jul. de 2022.

IKEDA, H. ; HIRAGA, M. ; SHIRASAWA, K. ; NISHIYAMA, M. ; KANAHAMA, K. ; KANAYAMA, Y. 2013. Analysis of a tomato introgression line, IL8-3, with increased Brix content. **Scientia Horticulturae**. 153, 103–108.

Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.02.006>

Acesso em 04 de abr. de 2022.

KITANI, E. C. **Mapeamento e visualização de dados em alta dimensão com mapas auto-organizados**. 2013. Tese (Doutorado em Sistemas Eletrônicos) – Escola Politécnica, University of São Paulo, São Paulo, 2013. <https://doi.org/10.11606/T.3.2013.tde-11072014-114804>. Acesso em: 2023-09-12.

LIMA, L. H. C. ; NAVIA, D. Inglis PW and Oliveira MRV (2000) Survey of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biotypes in Brazil using RAPD markers. **Genetics and Molecular Biology**. 23:781-785. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572000000400012>

Acesso em 04 de Abr. De 2022.

LUCINI, T. ; FARIA, M. V. ; ROHDE, C. ; RESENDE, J. T. V. ; OLIVEIRA, J. R. F. Acylsugar and the role of trichomes in tomato genotypes resistance to *Tetranychus urticae*. **Arthropod-Plant Interactions**. v. 9, p. 45-53, jan., 2015. <http://dx.doi.org/10.1007/s11829-014-9347-7>. Acesso em 21 de dez. de 2021.

MACIEL, G. M. ; SILVA, E. C. ; FERNANDES, M. A. R. (2015) Ocorrência de nanismo em planta de tomateiro do tipo grape. **Revista Caatinga**. 28: 259-264.

Acesso em 01 de maio de 2023.

MARTÍ, R. ; ROSELLÓ, S. ; CEBOLLA-CORNEJO, J. Tomato as a Source of Carotenoids and Polyphenols Targeted to Cancer Prevention. **Cânceres**. 2016, 58.

MELO, C. A. F. ; SOUZA, M. M. ; SOUSA, A. G. R. ; VIANA, A. P. ; SANTOS, E. A. ; Multivariate analysis of backcross progeny of *Passiflora* L. (*Passifloraceae*) for pre-breeding genotype selection. **Genetics and Molecular Research**. Ribeirão Preto, SP - Brasil, v. 14, n. 4, p. 15376-15389, 2015. DOI: 10.4238/2022

Acesso em 24 de out. de 2021.

PEÑA-MALAVERA, A. ; BRUNO, C. ; FERNANDEZ, E. ; BALZARINI, M. ; (2014) Comparação de algoritmos para inferir estrutura genética populacional a partir de marcadores moleculares não ligados. **Statistical Applications in Genetics Molecular Biology**. 13(4):391-402. <https://doi.org/10.1515/sagmb-2013-0006>

Acesso em 24 de out. de 2021.

RESENDE, T. V. de R. ; MALUF, W. R. ; FARIA, M. V. ; PFANN, A. Z. ; NASCIMENTO, I. R. do. Acylsugars in Tomato Leaf lets Confer Resistance to the South American Tomato Pinworm, *Tuta absoluta* Meyr. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.63, n.1, p.20-25, 2006.

SALIM, M. M. R. *et al.* Morphological characterization of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) genotypes. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 19, n. 3, p. 233-240, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1658077X18302728>. Acesso em 08 jan. 2022.

SALVIA-TRUJILLO, L. ; MCCLEMENTS, D. J. Enhancement of lycopene bio accessibility from tomato juice using excipient emulsions: Influence of lipid droplet size. **Food chemistry**, [S. l.], v. 210, p. 295-304, 2016. <https://10.1016/j.foodchem.2016.04.125> Acesso em 18 de jan. 2022.

SCHWARZ, K., RESENDE, J.T.V.; PRECZENHAK, A.P.; PAULA, J.T.; FARIA, M.V.; DIAS, D.M. 2013. Desempenho agrônômico e qualidade físico-química de híbridos de tomateiro em cultivo rasteiro. **Horticultura Brasileira**. 31, 410-418. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362013000300011> Acesso em 28 de jan. 2022.

SCHWARZ, K. *et al.* Desempenho agrônômico e qualidade físico-química de híbridos de tomateiro em cultivo rasteiro. **Horticultura Brasileira**, Vitoria da Conquista, v. 31, n. 3, p. 410-418, jul./set. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362013000300011> Acesso em: 15 fev. 2021

SHIRAHIGE, F. H. *et al.* Produtividade e qualidade de tomates Santa Cruz e Italiano em função do raleio de frutos. **Horticultura Brasileira**, 28(3): 292-298, 2010. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362010000300009&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362010000300009&script=sci_arttext). Acesso em: 15 fev. 2021.

SIDDIQUI, M. W. ; AYALA-ZAVALA, J. F. ; DHUA, R. S. Genotypic variation in tomatoes affecting processing and antioxidant properties. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [S. l.], v. 55, n.13, p. 1819-1835, 2015. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2012.710278>. Acesso em 15 set. 2020.

SILVA, F. DE A. S. E. ; AZEVEDO, C. A. V. de. ; **Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS 34 IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SUN, X. R. ; LIU, L. ; ZHI, X. N. ; BAI, J. R. ; CUI, Y. N. ; SHU, J. S. ; AND LI, J. M. (2019) Genetic analysis of tomato internode length via mixed major gene plus polygene inheritance model. **Scientia Horticulturae**. 246: 759–764.

ZSÖGÖN, A. *et al.* Genome editing as a tool to achieve the crop ideotype and de novo domestication of wild relatives: Case study in tomato. **Plant Science**, [S. l.], v. 256, p. 120-130, mar. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.12.012> Acesso em 17 de set. de 2021.